

AGROSAL: PRESENTACIÓN DE UN NUEVO PORTAL WEB QUE TRATA SOBRE LA SALINIDAD DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS DE REGADÍO. PARTE I

¹ Instituto Valenciano Investigaciones Agrarias (IVIA).
Centro para el Desarrollo de la Agricultura Sostenible (CEDAS).
Ctra. Moncada-Nàquera km 4.5.
Apdo. Oficial. 46113. Moncada (Valencia).

² Centro de Investigaciones sobre Desertificación (CIDE).
Carretera Moncada-Nàquera km 4.5.
Apdo. Oficial. 46113. Moncada (Valencia).

Resumen

La salinización del suelo agrícola es un problema que se presenta asociado al regadío en zonas de clima árido-semiárido, con suelos de baja permeabilidad, aguas de riego de baja calidad y cultivos de escasa tolerancia. Disponer de un portal web donde se ofrece información sobre la salinidad del suelo se hace imprescindible sobre todo en aquellas zonas donde la salinización sea importante. En este artículo se presenta un nuevo portal web de acrónimo AGROSAL (www.agrosal.ivia.es) donde se recoge, de forma estructurada, información sobre la problemática de la salinidad en la agricultura y, a la vez, se dan recomendaciones de manejo que minimicen su efecto. Junto a esta información se ha implementado un sistema de recomendación de manejo del riego llamado DSS-SALTIRSOIL pensado para que los agricultores puedan estimar el nivel de sales de sus suelos, estudiar la viabilidad de sus cultivos y planificar tanto el cultivo como el riego. En un segundo artículo, continuación de éste, se presenta de forma específica el DSS-SALTIRSOIL, sus utilidades, funcionalidades, y un ejemplo de manejo.

INTRODUCCIÓN

La salinización de los suelos es uno de los procesos más importantes de degradación de las tierras agrícolas y de otros recursos naturales como la vegetación natural y/o las especies cultivadas y la fauna asociada a ellos. De hecho la Comisión Europea, dentro de la propuesta de directiva que establece el marco para la protección de los suelos, ha incluido la salinización como una de las principales amenazas sobre este recurso natural [1]. Los suelos agrícolas se salinizan como consecuencia de un manejo equivocado del riego, el drenaje, el suelo, el cultivo y/o la fertilización. Esta salinización de los suelos conlleva el declive de su fertilidad y la pérdida de la calidad de las aguas subterráneas y superficiales.

Desde un punto de vista agronómico la acumulación de sales en los suelos de regadío conduce a la disminución de la productividad agrícola y a la pérdida de la diversidad de los cultivos. Se estima que, a lo largo de la historia, el hombre ha salinizado unos 25 millones de hectáreas de tierras de regadío. Actualmente la salinización hace disminuir cada año en un 25-50% la producción de 1.5 millones de hectáreas. A

nivel mundial un 50% de las tierras regadas (unas 76.3 millones de hectáreas) sufre alguna pérdida de productividad debido a procesos de salinización inducidos por el hombre [2]. En recientes estimaciones Wicke *et al.* [3] (Figura 1), cuantificaron en 1128 millones de hectáreas la extensión de suelos afectados por salinización (ya sean salinos o sódicos) de origen natural y/o inducida por el hombre. De esta superficie afectada, el 60% corresponde a suelos salinos, el 26% a sódicos y el 14% a salino-sódicos. En España, el 3% de los 3.5 millones de hectáreas dedicadas al regadío están gravemente amenazadas por la salinización [4].

La salinización de los suelos de regadío de la Comunidad Valenciana está influenciada principalmente por el clima de tipo semiárido y árido, la calidad de las aguas, el tipo de suelo y el manejo del riego. En los años 2002 y 2003 varios integrantes del grupo de autores de este trabajo realizaron un estudio para conocer la extensión de los problemas de salinización de suelos y aguas en la Comunidad Valenciana en base a un muestreo de

suelos y aguas de riego realizado en sus principales zonas de regadío. En dicho estudio se estimó que el 40% de los suelos de regadío de la Comunidad Valenciana estaban afectados por el proceso de salinización en algún grado [5]. Este hecho, en combinación con la baja tolerancia a la salinidad de muchos de los cultivos que se producen en la Comunidad Valenciana como cítricos, hortalizas, vid, frutales de hueso, caqui etc., da una idea de la magnitud del problema.

Con la idea de afinar más en los resultados obtenidos en este estudio preliminar de evaluación de la extensión y la intensidad de la salinidad del suelo, en aquellas zonas donde se registró una mayor incidencia del problema, se realizaron dos estudios de campo de mayor detalle en los años 2006 y 2007. En estos estudios se incluyeron tanto un muestreo de suelos en campo como la realización de medidas de salinidad con sondas a varias profundidades. En 2006 se estudió la zona sur de la provincia de Alicante, la cual comprende las importantes áreas de regadío de la Vega Baja del Segura y el Bajo Vinalopó (Figura 2).

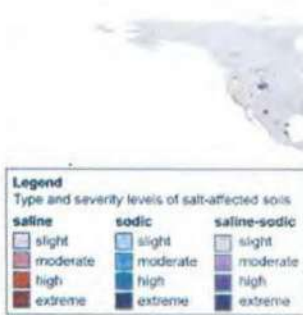


Figura 1. Mapa de suelos afectados por salinidad a nivel mundial [3].

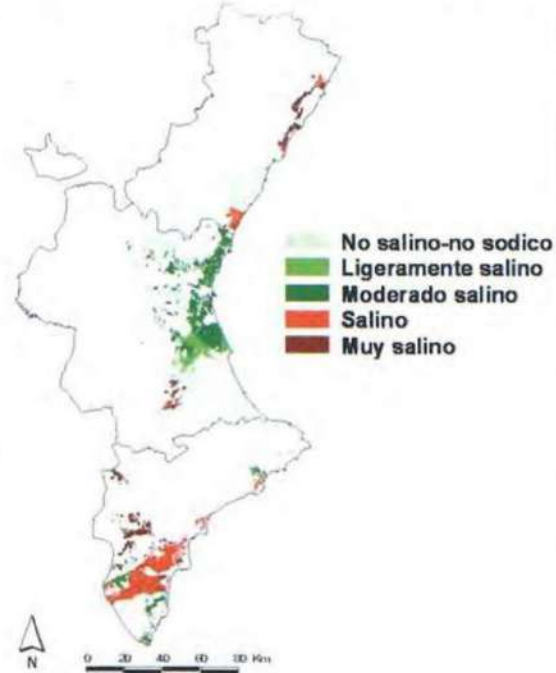


Figura 2. Estimación de la salinidad de los suelos de regadío en la Comunidad Valenciana [5].

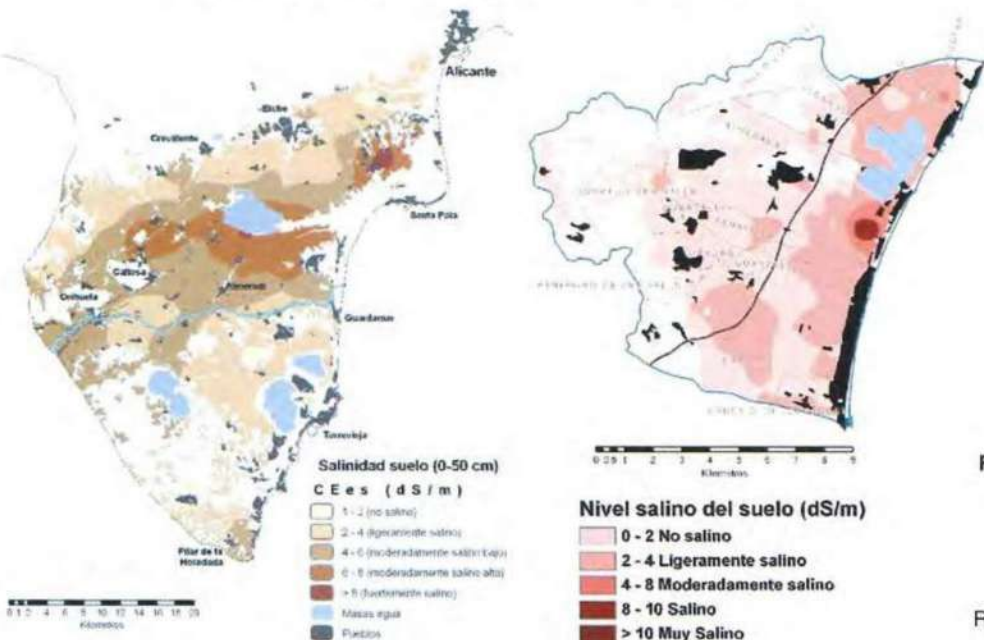


Figura 3. Estado de salinización de los suelos de la zona del sur de Alicante[6].

Figura 4. Estado de salinización de los suelos de la zona del bajo Palencia (elaboración propia).

Figura 6. Hojas de caqui afectadas por toxicidad por cloruro en la zona de la Ribera del Júcar (Comunidad Valenciana).



Figura 7. Sonda 5TE (Decagon), tipo resistiva.

Figura 8. Sonda WET (Delta-T), tipo reflectométrica (FDR).



Figura 9. Sonda EM38 (Geonics Ltd.), tipo inductiva.

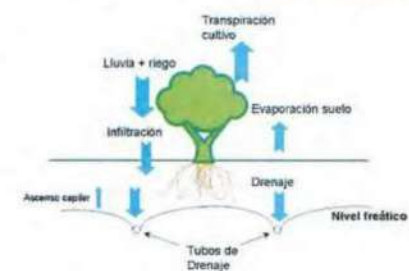


Figura 12. Funcionamiento de drenajes artificiales.

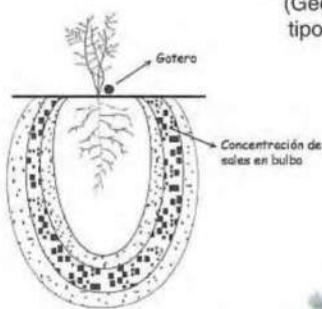


Figura 13. Distribución de sales en el bulbo en riego por goteo.



Figura 10. Central de monitorización de salinidad y humedad del suelo con sondas.



Figura 11. Tubo subsuperficial de drenaje vertiendo en una zanja.



Figura 14. Distribución de sales en riego por goteo.



Figura 15. Acumulación de sales en la cresta de los caballones en cultivo de brócoli.



Figura 16. Subsólado para descompactar el suelo y facilitar la lixiviación y el drenaje en cultivo de caqui.

Figura 17. Acolchado geotextil en cultivo de granado.



Figura 18. Efecto del portainjertos en la toxicidad por cloruro en caqui. Árbol de la izquierda patrón virginiana, derecha patrón lotus.

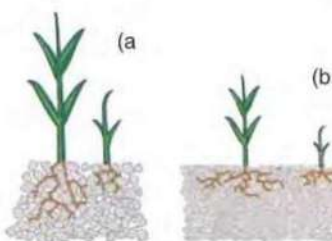


Figura 19. Efecto desestructurante del sodio en el suelo: no sódico (a), sódico (b) [10].



Figura 20. Aplicación de enmienda con yeso [11].

En 2007 se estudió la zona del Bajo Palancia, la cual incluye la marjal de Almenara y Chilches/Moncófar. De acuerdo con los resultados del primer estudio, se concluyó que en las zonas de regadío del sur de Alicante, donde el clima es más árido y el agua de riego de peor calidad, el 98% de los suelos de regadío estaban afectados por salinidad en algún grado [6] (Figura 3). De acuerdo con los resultados del segundo estudio se concluyó que en la zona del Bajo Palancia, el 40% de los suelos estaban afectados por salinidad, los cuales se localizaban en la zona de marjal donde el nivel freático elevado dificulta el drenaje de los suelos y, en consecuencia, impide una lavado adecuado de las sales (Figura 4).

De la misma forma y también muy relacionado con la salinidad, el problema de toxicidad por cloruro se ha venido observando tradicionalmente en cultivos leñosos como los cítricos y, más recientemente, en el cultivo del caqui de la Comunidad Valenciana. Este problema de toxicidad no tiene por qué darse en zonas de elevado riesgo de salinización. De hecho, puede observarse en zonas de regadío con aguas de buena calidad, clima poco árido y nivel freático bajo, pero en las que el suelo presenta baja capacidad de infiltración y percolación del agua, y en consecuencia, limitaciones para el drenaje por razón de su textura, contenido en materia orgánica y/o carbonato cálcico. Esto ocurre en suelos pobres en materia orgánica y de textura pesada (arcillosa o arcillo-limosa), y en consecuencia facilidad para compactarse, y también en suelos pobres en materia orgánica y de textura limosa y/o fuertemente calcáreos y, en consecuencia, facilidad para experimentar formación de costras superficiales y/o subsuperficiales. Estas condiciones combinadas con cultivos sensibles como los cítricos o el caqui hacen que el problema de toxicidad se haga importante.

Los problemas de salinidad y de toxicidad por cloruro se ven intensificados en años de sequía en los cuales, además de reducirse la cantidad de

agua disponible para riego, empeora la calidad de la misma, se incrementa la demanda hídrica por parte de los cultivos y el lavado de sales por las lluvias se reduce. Estas mismas condiciones serán a las que nos enfrentaremos en un escenario de cambio climático en el que se prevé un aumento de temperatura media del verano de 2 °C y una reducción del 20% en las lluvias [7]. Ante esta situación, el agricultor, para no perder capacidad productiva en sus cultivos, se enfrenta a un doble problema: la escasez de agua para cubrir la demanda hídrica de los cultivos y la menor calidad de la misma, que puede llegar a salinizar el suelo y reducir la capacidad productiva del cultivo.

Por si esto fuera poco, la afección de un cultivo por salinidad, sobre todo en niveles ligeros y moderados, es difícil de diagnosticar ya que, en este rango de salinidad, el estrés salino se presenta de manera muy similar al estrés hídrico por falta de agua. Este estrés salino incluso se puede manifestar en cultivos bien regados que, no obstante, experimentan pérdida de turgencia foliar, síntoma característico del estrés hídrico. Para realizar un diagnóstico adecuado de la salinidad se debe realizar un muestreo del suelo, complementado con una monitorización de campo mediante sondas capaces de estimar tanto la salinidad como la humedad del suelo.

Ante las dificultades que plantea tanto el diagnóstico como el manejo preciso de los problemas de salinidad, se hace necesario disponer de herramientas para facilitar y optimizar el manejo del riego en condiciones de riesgo de salinización. Un manejo óptimo del riego debe cubrir no sólo las necesidades hídricas del cultivo sino que también debe mantener el nivel de sales en el suelo por debajo de aquel que ocasiona pérdidas significativas de producción y/o daños visibles. Con la intención de difundir el conocimiento que actualmente se posee sobre los problemas de salinización en la agricultura mediterránea valenciana se ha cre-

ado el portal web AGROSAL. Este portal trata, por un lado, el tema de la salinidad en la agricultura de manera general y, por otro lado, incluye recomendaciones de manejo orientadas a paliar el problema de la salinización en suelos agrícolas de regadío. Junto con este conocimiento, en el portal se ha implementado un sistema de ayuda a la decisión en la recomendación del manejo del riego y el suelo llamado DSS-SALTIRSOIL, que es una aplicación informática que funciona acoplada a bases de datos de calidad de agua, suelo, clima y cultivo de la Comunidad Valenciana. Mediante DSS-SALTIRSOIL, cualquier usuario (agricultor, técnico, regante, etc.) de la Comunidad Valenciana puede realizar estimaciones del nivel de sales en el suelo de sus parcelas en función de la calidad del agua de riego y las características del suelo, el cultivo, el clima y el manejo del riego. En un segundo artículo relacionado con el actual, y en la misma web AGROSAL, se presenta de forma detallada la herramienta DSS-SALTIRSOIL, cómo funciona, para qué sirve, y cómo interactuar con ella a través del desarrollo de un ejemplo práctico.

EL PORTAL AGROSAL

Hasta el momento actual, en España no se había reunido información sobre el problema de la salinidad en la agricultura en un portal WEB, de manera tan exhaustiva y continuamente actualizada como en AGROSAL. Esta iniciativa ha sido financiada por el Ministerio de Economía y Competitividad [8], llevada a cabo por un equipo multidisciplinar de investigadores que pertenecen a dos centros distintos: el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) y el Centro de Investigaciones sobre Desertificación (CIDE). Como resultado de esta colaboración se ha logrado disponer de un sitio en Internet donde acudir para buscar información sobre la salinización de los suelos, su efecto en los cultivos y/o para encontrar soluciones de manejo agrícola que minimicen el problema. Como resumen de la información que contiene este portal, a continuación se muestra cómo se ha estructurado según pestañas informativas (Figura 5).



Figura 5. Carátula con las pestañas informativas del portal web AGROSAL.

1) Inicio. En esta pestaña se presentan los principales componentes del equipo multidisciplinar de investigadores y técnicos que han participado en el desarrollo del proyecto y la elaboración de esta WEB, aunque hay muchas más personas que han participado de una u otra forma. Aquí es donde también se puede consultar la producción científico-técnica del equipo sobre el tema de la salinidad, acceder a los vínculos de los artículos de investigación publicados, los resúmenes de los proyectos ejecutados por el equipo, las participaciones en congresos, etc.

2) Conceptos. En esta pestaña se organiza la información general referente a los conceptos sobre la salinidad, su origen, los factores que influyen en su aparición y desarrollo, los efectos que ocasiona sobre los cultivos y su tolerancia a la misma, como se evalúa, su extensión geográfica, etc.

La salinidad de un suelo se define como la concentración de sales solubles que existe en la solución del suelo, es decir en el agua contenida en los poros del suelo. Estas sales pueden proceder de fuentes naturales (lluvia, geológicas, edafológicas, intrusión salina, etc.) o fuentes antrópicas (agua de riego o fertilizantes). Dependiendo de su origen, la estrategia de actuación para paliar el problema deberá ser diferente.

En este apartado también se ha tratado de diferenciar dos conceptos que están íntimamente relacionados, pero que son diferentes en cuanto a su sintomatología y a su posible solución: la salinidad y la toxicidad específica. A diferencia de la salinidad, que es un proceso que afecta de forma inmediata al cultivo y que, a simple vista, puede confundirse con estrés hídrico, la toxicidad es un problema acumulativo que precisa de un tiempo para que sus síntomas se manifiesten con claridad en la planta pero que, cuando lo hacen, suele ser con necrosis visible en las hojas, imposible de revertir a corto plazo (Figura 6).

Otro aspecto destacable que se

puede encontrar en este apartado es el dedicado a las sondas, como nuevas técnicas que facilitan la evaluación del nivel de salinidad del suelo. En este apartado se presentan varias sondas de las tres tipologías que se usan principalmente para este propósito, como son las resistivas, reflectométricas (FDR y TDR), y de inducción electromagnética (Figuras 7, 8, 9). El equipo de AGROSAL tiene experiencia en la utilización de estas sondas [9]. La información obtenida mediante estas sondas puede servir para ajustar las dosis de riego, y así mantener, tanto la humedad como la salinidad, en niveles adecuados para el óptimo desarrollo del cultivo.

3) Recomendaciones de manejo. En esta pestaña se intenta ofrecer a los usuarios una serie de soluciones genéricas de manejo agrario para mitigar el problema de la salinidad y sodicidad en la producción agraria.

a. Con respecto a la salinidad

Se proponen diversas soluciones para el control de la salinidad del suelo. Entre ellas se encuentran: I) la monitorización del nivel de salinidad del suelo mediante toma de muestras o medidas con sondas (Figura 10), II) el lavado de las sales del suelo aumentando la dosis de riego, III) la instalación de sistemas de drenaje artificial del agua del suelo, que faciliten la evacuación de las sales fuera de la zona radicular (Figuras 11, 12), IV) el cambio a sistemas de riego por goteo que permiten un manejo más controlado del agua de riego (Figuras 13 y 14), V) el alejamiento de las raíces de los cultivos de las zonas de mayor salinidad del suelo, mediante plantaciones en mesetas y/o seleccionando ubicaciones concretas en los caballones (Figura 15), VI) la mejora del drenaje del suelo mediante subsolados (Figura 16) y estercolados, VII) el acolchamiento, que reduzca la evaporación de agua y, así, aumente la fracción de lavado (Figura 17), VIII) el cambio a fertilizantes con menor índice de salinidad, IX) el cambio a patrones de cultivos leñosos que confieran a la variedad mayor tolerancia a la salinidad (Figura 18), etc.

b. Sodicidad

Niveles elevados de sodio en el suelo con respecto a los de calcio y magnesio pueden causar daños directos en los cultivos, y también debilitan la estructura del suelo, facilitando el hinchamiento y la dispersión de las partículas arcillosas del mismo [10] (Figura 19). Estos efectos disminuyen el diámetro de los poros del suelo y su continuidad, y en consecuencia, reducen la infiltración del agua, acarreado problemas de encharcamiento y asfixia radicular. Este efecto desestructurante puede ser evitado incrementando el calcio disponible del suelo, el cual se contrapone a la acción del sodio. La forma de incrementar el calcio disponible puede ser vía enmiendas como yeso (Figura 20) [11], o movilizándolo el calcio del suelo, el cual se encuentra en cantidades notables en los suelos de la Comunidad Valenciana en forma sólida como carbonato cálcico. En caso de que la sodicidad concorra junto con la salinidad se presentan suelos salino-sódicos, en los cuales la sodicidad se encuentra en estado latente en lo que respecta a sus efectos sobre la estructura del suelo mientras la salinidad se mantenga en niveles significativos.

4) DSS-SALTIRSOIL. En esta pestaña se da acceso al sistema de ayuda a la decisión en la recomendación del manejo del riego y el suelo (DSS-SALTIRSOIL) con el que los usuarios puedan estimar, de forma bastante sencilla, los niveles de salinidad del suelo de su campo en función del clima, suelo, cultivo, agua de riego y manejo. Este sistema de recomendación está basado en un modelo de simulación (SALTIRSOIL) que estima la salinidad del suelo de forma mensual [12, 13, 14]. Esta herramienta está vinculada a bases de datos de suelo, clima y aguas de la Comunidad Valenciana. Esta característica no es óbice para que otros usuarios de otras zonas de España u otros países con problemática similar puedan tener acceso y utilizar la herramienta. Esta aplicación se explica de forma detallada en otro artículo de esta revista. (AGROSAL: Parte II).

5) Bases de datos de la Comunidad Valenciana. En esta pestaña se ha incluido información de suelos, aguas de riego y cartografía referente a la salinidad:

a. **Aguas de riego.** Mediante esta aplicación, de fácil manejo, se puede generar la analítica completa de un agua de riego de la Comunidad Valenciana dada una zona, un origen y un valor de concentración de sales o conductividad eléctrica a 25 °C. Estos datos los selecciona el usuario a partir de las opciones que ofrece la aplicación (Figura 21). A través de ésta, el usuario concreta, de forma secuencial, primero el término municipal, luego la unidad de demanda agraria (UDA) a la que pertenece (Tradicional Vega Baja del Segura, Riegos del Magro, Acequia de Moncada, etc.), a continuación el origen del agua (subterránea, superficial, etc.) y, para finalizar, la conductividad eléctrica y/o concentración de sales. Este último parámetro puede ser variado por el usuario para ajustar la analítica mostrada al agua de su explotación. De esta forma se genera la composición catiónica (calcio, magnesio, sodio, potasio), y aniónica (cloruro, sulfato, nitrato, bicarbonato), el pH del agua de riego y, a la vez, se muestra una evaluación general de la calidad de la misma.

textura, materia orgánica, pH, carbonato cálcico equivalente, elementos gruesos ($\phi > 2$ mm), densidad aparente y parámetros hidrofísicos del suelo (contenido de agua a capacidad de campo y en el punto de marchitez permanente) a diferentes profundidades. El usuario puede consultar esta información mediante una serie de menús desplegables (Figura 22), donde puede seleccionar el término municipal del cual le interesa la información y el tipo de suelo en función de la textura (arcilloso, franco, etc.), que más se aproxime a la de su parcela. En aquellos términos municipales en los que no se dispone de información de suelos, la aplicación ofrece información de 5 tipos de suelos genéricos de la Comunidad Valenciana de diferente textura, desde arenosa a arcillosa.

c. **Cartografía** temática en formato SIG referente a la salinidad (Figura 23). En este apartado se dispone de cartografía descargable, en formato apropiado para emplearse en un Sistema de Información Geográfica-SIG (ArcGIS). Esta cartografía incluye mapas sobre el nivel de sales del suelo en la Comunidad Valenciana, sur de Alicante, vega baja del río Palancia y otra cartografía de factores que influyen en la salinización de los suelos

Factor	Valor	Unid.	Valor	Unid.	Observaciones
pH	7.52	pH	7.52	pH	Modificado
Conductividad	5.2	dS/m	5.23	mg/l	54.98%
Bicarbonatos	15.76	mg/l	905.99	mg/l	Alto
Cloruro	8.51	mg/l	170.24	mg/l	Modificado
Nitrato	5.57	mg/l	545.64	mg/l	Alto
Sulfato	4.48	mg/l	112.31	mg/l	Modificado
Calcio	5.36	mg/l	105.25	mg/l	Alto
Magnesio	5.12	mg/l	57.71	mg/l	Alto
Sodio	23.52	mg/l	540.08	mg/l	Alto
Potasio	3.29	mg/l	9.42	mg/l	
Relación de absorción del nitrógeno (RAN)	11.49		11.49		Alto
Coeficiente de absorción (CSE)	7.37		7.37		

Figura 21. Consulta a la base de datos de aguas.

como la aridez climática, la conductividad eléctrica en las aguas subterráneas o los niveles piezométricos.

6) Glosario. Con la idea de evitar confusión en algunos de los conceptos que se manejan en temas referentes a la salinidad y el suelo, se incluye un glosario en el portal (Figura 24). En este glosario el usuario encontrará, ordenados alfabéticamente, muchos de los términos que se utilizan habitualmente para tratar el tema de la salinidad del suelo, acompañados de una breve definición.

b. **Suelos.** En esta base de datos se guarda información de más de 450 puntos de información de suelos distribuidos geográficamente en las principales zonas de regadío de la Comunidad Valenciana. La base de datos de suelos dispone de información sobre

Prof. (cm)	Pedregosidad (%)	Dens. Aparen. (g/cm³)	M.O. (%)	Carbonatos (%)	pH	Arcilla (%)	Arena (%)	Textura	Hum. (cm³/m³)
0-10	0	1.29	2.5	47.58	8.37	35.85	14.28	Franco arcillo limoso	0.19
10-30	0	1.36	2.49	46.78	8.37	37.54	20.33	Franco arcilloso	0.25
30-60	0	1.51	1.33	48.11	8.4	35.95	18.45	Franco arcillo limoso	0.24
60-90	0	1.54	0.1	49.46	8.3	42.35	11.3	Arcilloso limoso	0.3

Figura 22. Consulta a la base de datos de suelo.

Mapas de la Comunidad Valenciana...

Salinidad.

Riesgo de salinización de los suelos.

Este mapa se ha realizado combinando espacialmente los principales factores que afectan a la salinidad del suelo.
Publicado en: Proceedings del II Simposio Nacional sobre control de la degradación de suelos y la desertificación pp.287-288 (2007).

Descargar mapa

Estado de la salinización de los suelos de regadío.

Este mapa se ha realizado aplicando un modelo de simulación sencillo que estima la salinidad del suelo en zonas de regadío.
Publicado en: SUM, 20:333-345 (2004). <http://dx.doi.org/10.1111/j.1475-2743.2004.tb00378.x>

Descargar mapa

Salinización de los suelos de regadío de la vega baja del río Segura y bajo Vinalopó.

Este mapa se ha realizado a partir de mediciones en más de 100 puntos con sonda de salinidad de tipo FDR, y aplicando técnicas de interpolación espacial por cokriging.
Publicado en: JPNSS, 174: 103-112 (2011). <http://dx.doi.org/10.1002/jpn.200900221>

Descargar mapa

Figura 23. Formulario de descarga de cartografía.

5) Bases de datos de la Comunidad Valenciana. En esta pestaña se ha incluido información de suelos, aguas de riego y cartografía referente a la salinidad:

a. **Aguas de riego.** Mediante esta aplicación, de fácil manejo, se puede generar la analítica completa de un agua de riego de la Comunidad Valenciana dada una zona, un origen y un valor de concentración de sales o conductividad eléctrica a 25 °C. Estos datos los selecciona el usuario a partir de las opciones que ofrece la aplicación (Figura 21). A través de ésta, el usuario concreta, de forma secuencial, primero el término municipal, luego la unidad de demanda agraria (UDA) a la que pertenece (Tradicional Vega Baja del Segura, Riegos del Magro, Acequia de Moncada, etc.), a continuación el origen del agua (subterránea, superficial, etc.) y, para finalizar, la conductividad eléctrica y/o concentración de sales. Este último parámetro puede ser variado por el usuario para ajustar la analítica mostrada al agua de su explotación. De esta forma se genera la composición catiónica (calcio, magnesio, sodio, potasio), y aniónica (cloruro, sulfato, nitrato, bicarbonato), el pH del agua de riego y, a la vez, se muestra una evaluación general de la calidad de la misma.

b. **Suelos.** En esta base de datos se guarda información de más de 450 puntos de información de suelos distribuidos geográficamente en las principales zonas de regadío de la Comunidad Valenciana. La base de datos de suelo dispone de información sobre

textura, materia orgánica, pH, carbonato cálcico equivalente, elementos gruesos ($\varnothing > 2$ mm), densidad aparente y parámetros hidrofísicos del suelo (contenido de agua a capacidad de campo y en el punto de marchitez permanente) a diferentes profundidades. El usuario puede consultar esta información mediante una serie de menús desplegables (Figura 22), donde puede seleccionar el término municipal del cual le interesa la información y el tipo de suelo en función de la textura (arcilloso, franco, etc.), que más se aproxime a la de su parcela. En aquellos términos municipales en los que no se dispone de información de suelos, la aplicación ofrece información de 5 tipos de suelos genéricos de la Comunidad Valenciana de diferente textura, desde arenosa a arcillosa.

c. **Cartografía** temática en formato SIG referente a la salinidad (Figura 23). En este apartado se dispone de cartografía descargable, en formato apropiado para emplearse en un Sistema de Información Geográfica-SIG (ArcGIS). Esta cartografía incluye mapas sobre el nivel de sales del suelo en la Comunidad Valenciana, sur de Alicante, vega baja del río Palancia y otra cartografía de factores que influyen en la salinización de los suelos

Figura 21. Consulta a la base de datos de aguas.

como la aridez climática, la conductividad eléctrica en las aguas subterráneas o los niveles piezométricos.

6) Glosario. Con la idea de evitar confusión en algunos de los conceptos que se manejan en temas referentes a la salinidad y el suelo, se incluye un glosario en el portal (Figura 24). En este glosario el usuario encontrará, ordenados alfabéticamente, muchos de los términos que se utilizan habitualmente para tratar el tema de la salinidad del suelo, acompañados de una breve definición.

Figura 22. Consulta a la base de datos de suelo.

Mapas de la Comunidad Valenciana...

Salinidad.

Riesgo de salinización de los suelos.

Este mapa se ha realizado combinando especialmente los principales factores que afectan a la salinidad del suelo.
Publicado en: Proceedings del II Simposio Nacional sobre control de la degradación de suelos y la desertificación pp.267-268.(2007).

Descargar mapa

Estado de la salinización de los suelos de regadío.

Este mapa se ha realizado aplicando un modelo de simulación sencillo que estima la salinidad del suelo en zonas de regadío.
Publicado en: SUM, 20.333-345 (2004). <http://dx.doi.org/10.1111/j.1475-2743.2004.tb00378.x>

Descargar mapa

Salinización de los suelos de regadío de la vega baja del río Segura y bajo Vinalopó.

Este mapa se ha realizado a partir de mediciones en más de 100 puntos con sonda de salinidad de tipo FDR, y aplicando técnicas de interpolación especial por cokriging.
Publicado en: JPNSS, 174: 103-112 (2011). <http://dx.doi.org/10.1002/jpn.200900221>

Descargar mapa

Figura 23. Formulario de descarga de cartografía.

■ Acolchamiento del suelo (mulching)

Es una técnica de manejo de cultivo por la cual coloca sobre el suelo una cubierta que evita las pérdidas excesivas por evaporación directa.

■ Agregación de partículas del suelo

Es el proceso fisicoquímico por el cual las partículas primarias (vs., arenas, limos y arcillas, y la materia orgánica del suelo) se unen entre sí para formar agrupaciones secundarias que conforman la denominada estructura del suelo.

■ Agua de Drenaje

Es el agua que se mueve hacia horizontes subterráneos del suelo sin ser absorbida por las raíces del cultivo, y puede ser recogida en las canalizaciones de desagüe.

■ Agua del Suelo

El agua del suelo es aquella que ocupa el espacio de los poros que existen dentro de los agregados del suelo (microporos) y entre los agregados (mesoporos y macroporos). Está almacenada y sujeta a fuerzas de naturaleza capilar y de adsorción (fuerzas matriciales), y a fuerzas osmóticas derivadas de la composición salina del suelo y del agua que se contraponen a las fuerzas gravitatorias.

■ Agua Higroscópica

El agua higroscópica es el agua almacenada en el suelo en poros de diámetro equivalente inferior a 0,2 micras. Está retenida por fuerzas matriciales y de adhesión, y se encuentra en equilibrio con la humedad del aire. La energía con la que está retenida es alta, que expresada en unidades de presión puede ser superior a 31 atmósferas (vs., aprox. 3100 kPa en unidades del Sistema Internacional), de forma que no es utilizable por la mayoría de las plantas cultivadas.

■ Agua Capilar

El agua capilar es la fracción del agua que penetra en el suelo y ocupa los poros de menor diámetro (microporos). Por su semejanza con el diámetro de los cabellos se los conoce como poros capilares y su diámetro equivalente varía entre 30 micrómetros y los 0,2 micrómetros. Cuando el agua penetra en este tipo de poros queda retenida por fuerzas derivadas de la tensión superficial del agua y, además, con fuerzas de adhesión en los de menor diámetro. Por ello, se considera, a efectos prácticos, que hay 2 tipos de agua capilar:

• Agua capilar no absorbible

Es el agua que ocupa los microporos con diámetro igual o menor que 0,2 micras, denominados poros residuales. En estos poros queda retenida por fuerzas de adhesión capaces de resistir succiones iguales o superiores a 15 atmósferas (vs., aprox. 1500 kPa en unidades del Sistema Internacional). Esta agua no es absorbible por las raíces de la planta.

• Agua capilar absorbible

Es el agua que ocupa los microporos con diámetros comprendidos entre 0,2 y 15 a 30 micras. La energía de retención del agua en este tipo de poros, expresada en unidades de presión, varía entre 0,1 y 15 atmósferas (vs., aprox. 10 y 1500 kPa en unidades del Sistema Internacional). La cantidad de agua retenida entre ambos extremos de presión se denomina agua utilizable por las plantas.

Links de interés...

■ Organismos y Centros de Investigación internacionales dedicados a la salinidad del suelo.

- Servicio nacional de conservación de recursos naturales de los EEUU (NRCS, US).
- Laboratorio de salinidad del suelo del servicio de investigación agrícola de los EEUU (ARS, US).
- Departamento de sostenibilidad, medio ambiente, agua, población y comunidades del gobierno de Australia Proceso de salinización como gestión sobre la tierra. (Gobierno de Australia).
- Departamento de industrias del sector primario del estado de Victoria Australia. Programa para el manejo de la Salinidad (Victoria, Australia).
- Instituto de Investigación sobre la salinidad del suelo, Punjab Bhutani (Punjab, Pakistán).

■ Organismos públicos españoles relacionados con la salinidad.

- Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IIVIA)
- Centro de Investigaciones sobre Desertificación (CIDE)
- Servicio de Tecnología de Riegos de la Generalitat Valenciana (STTV)
- Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ)
- Confederación Hidrográfica del Segura (CHS)

■ Modelos de simulación de salinidad.

• BUDGET

Modelo desarrollado para estimar la salinidad del suelo para diferentes prácticas agrícolas y estrategias de riego. Este modelo ha sido desarrollado por investigadores de la Universidad de Leuven (Bélgica).

• CIRPLE

El modelo CIRPLE permite el cálculo del volumen de agua y la concentración de sales en los retornos de riego en grandes zonas, lo cual presenta gran interés en la planificación territorial. Este modelo ha sido desarrollado por el Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón-CITA (España).

• HYDRUS

Este modelo es probablemente el que más utilizado para la simulación de la salinidad de suelos de regadío, y el que ha sido validado en más lugares. Varios científicos lo han desarrollado a lo largo de tres décadas. Tiene diferentes versiones para simular el transporte de agua y sales en el suelo en una, dos y hasta tres dimensiones. No es de libre distribución y hay que pagar licencia para adquirir el modelo.

• PHREEQC

El modelo PHREEQC originalmente fue concebido para la simulación geoquímica en los acuíferos, aunque también ha sido utilizado para la simulación del movimiento de agua y sales en el suelo. Este modelo ha sido desarrollado por el servicio geológico de los EEUU.

Figura 24.
Formulario de AGROSAL que incluye el glosario.

Figura 25.
Formulario de AGROSAL que incluye las FAQ.

Figura 26.
Formulario de AGROSAL que incluye los links de interés.

Figura 27.
Formulario de contacto del usuario con el equipo de AGROSAL.

■ ¿Los productos químicos desalantes son efectivos para evitar la sal?

■ ¿Cuando riego a flote se pueden subir las sales?

Si, en caso de que el suelo de la parcela no disponga de un buen sistema de drenaje. El disponer de un buen drenaje del suelo es la clave para evitar que se suban las sales por ascenso capilar.

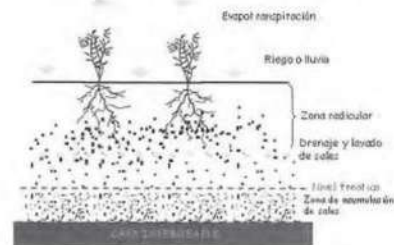
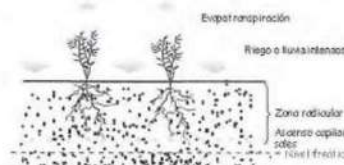


Figura 1 Acumulación de sales en suelo bien regado con capa impermeable

Para explicar el proceso, en la figura 1 se muestra como se podrían acumular las sales en un suelo bien regado pero con una capa impermeable de suelo a cierta profundidad. En las proximidades de la capa impermeable se acumularían las sales y el nivel freático se mantendría fuera de la zona radicular gracias al buen manejo del riego. Pero en caso de que se produjera una lluvia intensa o un riego con una dosis elevada, el nivel freático ascendería y con él arrastraría las sales acumuladas hacia arriba, que podrían llegar hasta la zona radicular e incluso a la superficie del suelo (figura 2). Posteriormente, por efecto de la evapotranspiración se pueden llegar a concentrar estas sales en la superficie del suelo e incluso llegar a ver costras salinas.



CONTACTO

Formulario de Contacto

ivía
instituto valenciano de investigaciones agrícolas

CIDE
Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón

Formulario de Contacto...

Nombre:

E-mail:

Asunto:

Mensaje:

Proyecto del Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO)
Desarrollado en el Centro para el Desarrollo de la Agricultura Sostenible (CDAS) del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IIVIA) y Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (CITA) (España).

[5] de Paz J.M., Visconti, F., Zapata, R., Sánchez, J. 2004.

The integration of two simple models in a GIS to evaluate risk of soil salinisation in irrigated land of the Valencian Community in Spain. 2004 Soil Use and Management 20:333-345. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1475-2743.2004.tb00378.x>

[6] de Paz J.M., Visconti F., Rubio J.L. 2011. Spatial evaluation of soil salinity using the WET sensor in the irrigated area of the Segura river lowland. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 174: 103-112. <http://dx.doi.org/10.1002/pln.2009.00221>

[7] Giannakopoulos C., Le Sager P., Bindi M., Moriondo M., Kostopoulou E., Goodess CM. 2009. Climatic changes and associated impacts in the Mediterranean resulting from a 2 °C global warming. Global and Planetary Change 68: 209-224.

[8] Proyecto Ministerio Economía y Competitividad. referencia: CGL2009-14592-C02-01/02

[9] Visconti F., de Paz J.M., Martínez D., Molina M.J. 2014a. Laboratory and field assessment of the capacitance sensors Decagon 10HS and 5TE for estimating the water content of irrigated soils. Agricultural Water Management, 132:111-119. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2013.10.005>

[10] Sonon L.S., Saha U., y Kisse D.E. 2012. Soil Salinity Testing, Data Interpretation and Recommendations. Circular 1019. The University of Georgia, Cooperativa Extension. http://www.caes.uga.edu/applications/publications/files/pdf/C%201019_1.PDF. Visitado el 15 abril 2014.

[11] <http://www.gypsoil.com/>

[12] Visconti F., de Paz J.M., Rubio J.L., Sánchez J. 2011. SALTIRSOIL: a simulation model for the mid to long-term prediction of soil salinity in irrigated agriculture. Soil Use and Management, 27: 523-537. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1475-2743.2011.00356.x>

[13] Visconti F., de Paz J.M., Molina M.J., Sánchez J. 2012. Advances in validating SALTIRSOIL at plot scale: first results. Journal of Environmental Management, 95:31-36. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.03.020>

[14] Visconti F., de Paz J.M., Martínez D., Molina M.J. 2014b. Irrigation recommendation in a semi-arid drip-irrigated artichoke orchard using a one-dimensional monthly transient-state model. Agricultural Water Management, 138: 26-36. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2014.02.019>